

Japan Patent Office (JP)

Public Patent Journal

#H11-275376

Application # H10-75921

Application Date March 24, 1998

Applicant 000001270 Konica, Inc. 1-26-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

Inventor Hung, Po-Chieh Konica, Inc. 2970 Ishikawacho, Hachioji-shi, Tokyo

Agent Attorney Ijima (and one other)

[Name of Invention]

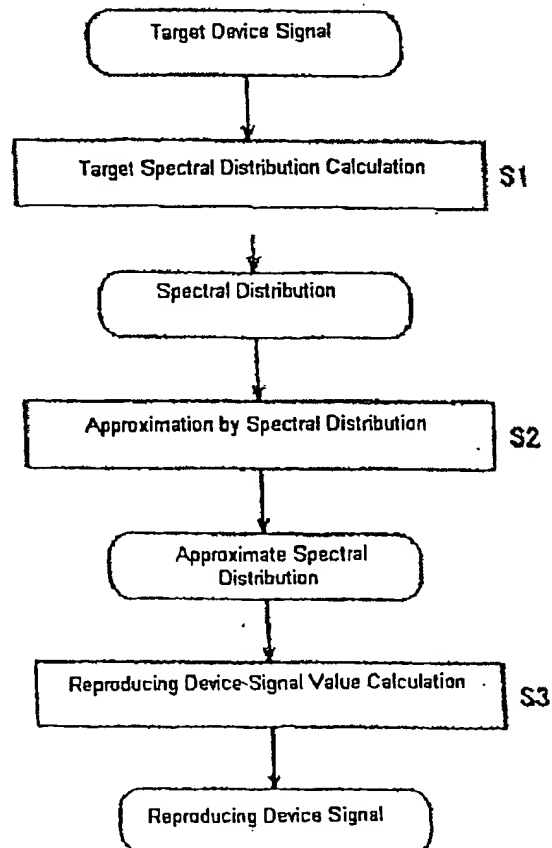
Color Data Retention Method and Color Management Method

[Summary]

[Task] To realize a general-purpose color data retention method and color management method that allow a highly accurate speculation of the relation of the spectral distribution against image device signal values with minimum amount of data.

[Solution]

Inventor has included the basic spectral distribution data, which indicates the basic spectral distribution, and contributing data, which associates the input signal with its spectral distribution contribution, in the data that indicates the color characteristics used to calculate the reproduction device's signal value from the target device's signal value. By doing so, less data is required, compared to when the spectral data is based on a simple combination of device signal values, without losing its spectral



characteristics. Also, a highly accurate image reproduction can be accomplished, even if the light source has been altered at the reproduction site.

[Scope of Patent Application]

[Claim 1]

Color data retention method, whose characteristic is to include the basic spectral distribution data, which indicates the basic spectral distribution, and spectral distribution contributing data, which associates the input signal with its spectral distribution contribution, in the color characteristics data, which indicates an image device's color characteristics.

[Claim 2]

Color data retention method, as described in Claim 1, whose characteristic is as follows: It modifies the tone of the aforementioned spectral distribution contributing data by linearizing the color mixture characteristic of the image device.

[Claim 3]

Color data retention method, as described in Claim 1, whose characteristic is as follows: The number of the aforementioned basic spectral distribution data is between N and 2 raised to the power of N , when the number of the colors that are used is N .

[Claim 4]

Color data retention method, as described in Claim 1, whose characteristic is as follows: When the image device is the input device, the aforementioned basic spectral distribution data can be modified, based on the type of the subject.

[Claim 5]

Color data retention method, as described in Claim 1, whose characteristic is as follows: When the image device is the input device, the aforementioned basic spectral distribution data is to be selected from the data associated with multiple media.

[Claim 6]

Color data retention method, as described in Claim 1, whose characteristic is as follows: If the aforementioned basic spectral distribution data does not exist, pre-determined spectral data is to be used as the basic spectral distribution data.

[Claim 7]

Color data retention method, as described in Claim 1, whose characteristic is as follows: Aforementioned color characteristics data is to be incorporated as a part of the image data.

[Claim 8]

Color data retention method, as described in Claim 1, whose characteristic is as follows: Aforementioned color characteristics data is to be used to convert the image device signal device to a tristimulus value under specific conditions, or to a color value that derives from this tristimulus value.

[Claim 9]

Color management method, whose characteristic is as follows: The system value of the target image device is to be converted to the system value of the image device on which it is reproduced, using the spectral color characteristics data, which indicates the spectral color characteristics of an image device.

[Claim 10]

Color management method, as described in Claim 9, whose characteristic is as follows: Aforementioned spectral color characteristics data should be the applicable spectral color characteristics data multiplied by the spectral distribution of the light source.

[Claim 11]

Color management method, as described in Claim 9, whose characteristic is as follows: The approximate value of the aforementioned spectral color characteristics data is to be calculated ahead of time by multiplying the wavelength of the spectral color characteristics data with the weighting factor.

[Claims 12]

Color management method, as described in Claim 9, whose characteristic is as follows: the data is to be converted to a system value of the associated image device ahead of time so that it stays within the color range of the image device on which it is reproduced.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

This invention concerns a color data retention method and color management method, notably the method that allows a highly accurate handling of colors with a minimum amount of data from the image device and is considered by metamerism.

[0002]

[Previous Technology]

- (1) Method of retaining the characteristics of an image data has been to have an input data from the image device and a tristimulus value under a specific light source, or data that has the relation of color space coordinates that derive from the tristimulus value.

[0003]

Existing technology include the following types:

- ☐ ANSI Color Target IT-8/7.3, a table that determines the relation between the print dot pattern and $L^*a^*b^*$.
- ☐ "Color Management System Development" (Hung, Po-Chieh, KONICA TECHNICAL REPORTF Vol. 8 (1995)), which accomplishes color management by utilizing the signal value of the image device and tristimulus value.
- ☐ "ICC, ICC Profile format v3.3 <http://www.color.org/> (1996)," an ICC profile.
- ☐ For all three, the basis is to have the relation between the system value of the image device and the tristimulus value under a specific light source as a table.

[0004]

(2) Method of speculating the spectral data of an image device include the following types:

- ☐ "Color Conversion Method for Color Appearance Matching Using the Neural Network" (Arai, Yoshifumi; Nakauchi, Shigeki; Usui, Shiro; Japan Printing Society, 98th Spring Convention Draft, pp. 161-164 (1997)), which uses the neural network.
- ☐ "Colorimetric Characterization of a Desktop Drum Scanner Using A Spectral Model" (Berns, Roy S.; Shyu, M.J.; Journal of Electronic Imaging 4(4), pp. 360-372 (1995)), which analyzes the main components using the output value from the scanner.

[0005]

(3) Color management technology includes U.S. Patent # 4500919, which gets the tristimulus value from the spectral distribution and uses the three values (typically, tristimulus value) to reproduce the color.

[0006]

See figure 4. In this example, the tristimulus value is obtained through conversion based on the colorimetric device characteristics, target perceived color is obtained through conversion of the color appearance model, and tristimulus value is obtained through inversion of the color appearance model for the perceived color adjusted by color range mapping. In addition, the reproduction device signal is obtained through inversion based on the colorimetric device characteristics.

[0007]

[Tasks to Be Solved]

Existing technology, as described above, has the following problems:

1. Specified data is not the spectral data but the relation with the tristimulus value. Therefore, when the light source changes, the data becomes invalid. However, spectral data is approximately 35 dimensional, whereas a tristimulus value is only 3 dimensional. It loses its spectral characteristics.

[0008]

For a simple expansion, each output to the image device signal value can have a separate spectral data, or it can retain the data from the colorimeter.

[0009]

In this case, when the combination of image device signal values is N and the number of dimension is M , the equation is $N^3 \cdot M$. The tristimulus value is $17^3 \cdot 3 = 14739$ (words). A 35-dimensional spectral data is $17^3 \cdot 35 = 171955$ (words), which requires a piece of data which is ten times as large.

[0010]

Generally, a word requires 4 bytes or 2 bytes. With 2 bytes, a tristimulus value becomes 29478 bytes, and a spectral data becomes 343910 bytes.

[0011]

The problem is that as described above, in order for a spectral data to maintain its spectral characteristics, an extremely large amount of data becomes necessary.

2. The neural network method requires some education process ahead of time. Also, as seen in section (1) above, speculation based on a low-dimensional data becomes less accurate.

[0012]

To obtain the color characteristics of a certain device, Berns' theory indicates a method in which spectral distribution is obtained based on the analysis of main components. Based on this theory, highly accurate color characteristics can be obtained based on three or so types of spectral distribution. However, this paper focuses only on slides and does not apply the concept to other media.

[0013]

With the existing color management system, it obtains the spectral distribution first and then multiplies it with the spectral distribution of the light source and then converts it to a tristimulus value. In converting the value to a tristimulus value, a problem with metamerism arises. A printer that uses four or more elementary colors cannot reach a unique solution. When the printer uses four colors, an additional condition (ink amount, utilizing black as much as possible, as little as possible, or if black generation occurs smoothly, etc.) is added.

[0014]

Another method uses the colors for HiFi printing (6 to 8 elementary colors) for color reproduction. However, when the color reproduction is based on a tristimulus value (or a color value that derives from a tristimulus value), the elementary colors that express the same color value can have an infinite number of combinations. There is no method to logically select one from them.

[0015]

As described above, the relation between spectral distribution and the signal value of an image device

cannot be speculated accurately with the minimum amount of data. Also, there is no general-purpose method, due to the limitation of the media. There is no method to determine a system that uses more than three elementary colors, either colorimetrically or spectrally and cannot solve the metamerism.

[0016]

Objective of this invention is to realize a general-purpose color data retention method and color management method that allow a highly accurate prediction of the relation between the signal value of an image device and the spectral distribution, with a minimum amount of data.

[0017]

[Steps to Solving the Tasks]

- (1) Invention, as described in Claim 1, is a color data retention method whose characteristic is as follows: It includes the basic spectral distribution data and spectral distribution contributing data, which associates the input signal with the spectral distribution, in the color characteristics data, which indicates the color characteristics of an image device.

[0018]

With this invention, the color characteristics data will not lose its spectral characteristics by including the basic spectral data and spectral distribution contributing data in the color characteristics data. Additionally, it requires less data, as compared to when spectral data is simply applied to a combination of device signal values. Since it still maintains its spectral characteristics, the image can be reproduced at the reproduction site highly accurately, even if the light source has been modified.

[0019]

- (2) Invention, as described in Claim 2, modifies the tone of the aforementioned spectral distribution contributing data by linearizing the color mixture characteristic of the image device.

[0020]

This invention decreases the multi-dimensional matrix size and the number of basic spectral distribution data by linearizing the color mixture characteristics while maintaining its accuracy. AS a result, it reduces the data size and processing amount.

[0021]

- (3) Invention, as described in Claim 3, has the following characteristic: The number of the aforementioned basic spectral distribution data is between N and 2 raised to the power of N , when the number of the colors that are used is N .

[0022]

With this invention, the color mixture of 2^N is the primary color. Such data can be transmitted while still maintaining its spectral distribution characteristic accuracy.

- (4) Invention, as described in Claim 4, has the following characteristic: When the image device is the input device, the aforementioned basic spectral distribution data can be modified, based on the type of the subject.

[0023]

With this invention, optimal data for the subject can be transmitted.

- (5) Invention, as described in Claim 5, has the following characteristic: When the image device is the input device, the aforementioned basic spectral distribution data is to be selected from the data associated with multiple media.

[0024]

With this invention, the receiver can interpret the data receiving symbols and not the complete data, by determining a symbol for a typical spectral distribution ahead of time based on the subject type. As a result, the data size can be drastically reduced.

[0025]

- (6) Invention, as described in Claim 6, has the following characteristic: If the aforementioned basic spectral distribution data does not exist, pre-determined spectral data is to be used as the basic spectral distribution data.

[0026]

With this invention, the data size can be drastically reduced by omitting the basic spectral distribution data from the spectral distribution that is generally used, and by using the pre-determined data.

[0027]

- (7) Invention, as described in Claim 7, has the following characteristic: Aforementioned color characteristics data is incorporated as a part of the image data. This invention incorporates spectral characteristics to an image data. Therefore, it can achieve visual color reproduction at the reproduction site, even when the light source has been modified.

[0028]

- (8) Invention, as described in Claim 8, has the following characteristic: Aforementioned color characteristics data is used to convert the image device signal device to a tristimulus value under specific conditions, or to a color value that derives from this tristimulus value.

[0029]

This invention converts the signal value of the image device to a tristimulus value or a color value that derives from this tristimulus value, which makes it consistent with the color management system based on colorimetry.

[0030]

- (9) Invention, as described in Claim 9, has the following characteristic: The system value of the target image device is converted to the system value of the image device on which it is reproduced, using the spectral color characteristics data, which indicates the spectral color characteristics of an image device.

[0031]

This invention reproduces the colors using the data that indicates the spectral color characteristics of the image device. Therefore, if the target medium and the medium on which the color is reproduced share the light source, the metamerism problem is reduced. If the previous tristimulus value is used with Hifi printing (that uses more than 3 colors), the existing method would have produced multiple solutions. This invention finds the optimal solution for accuracy.

[0032]

- (10) Invention, as described in Claim 10, has the following characteristic: Aforementioned spectral color characteristics data should be the applicable spectral color characteristics data multiplied by the spectral distribution of the light source.

[0033]

This invention enables more optimized color reproduction by multiplying the spectral distribution of the light source.

- (11) Invention, as described in Claim 11, has the following characteristic: The approximate value of the aforementioned spectral color characteristics data is calculated ahead of time by multiplying the wavelength of the spectral color characteristics data with the weighting factor.

[0034]

This invention uses the weighting factor to calculate the spectral color characteristics data while considering the human vision.

- (12) Invention, as described in Claim 12, has the following characteristic: The data is converted to a system value of the associated image device ahead of time so that it stays within the color range of the image device on which it is reproduced.

[0035]

This invention controls the data so that it stays within the color range of the image device on which it is reproduced. This enables the color management method in which the hue is not greatly affected.

[0036]

[Implementation of the Invention]

This section describes the color data retention method and color management method using figures.

[0037]

Provided first is a general description of the color data retention method and color management method (Figure 1). Figure 1 is one example of a processing unit used for implementing this invention. It is a block diagram that indicates how to reproduce a spectral data.

[0038]

Here, 100 is a method for reproducing the spectral data, which reproduces the spectral color characteristics data. 110 is the input tone conversion area, which is the first conversion step for converting the input signal tone. 120 is multi-dimensional LUT120, which is the second conversion step. 130 is the spectral data multiplication/addition area, which is the third conversion step, which adds the weighting factor. 140 is the fourth conversion step, the antilog tone conversion area, which converts the tone to an antilog.

[0039]

Here, if the number of primary colors of the image device (not shown) is N, the number of data that indicates the basic spectral distribution is M, and the number of spectral data's wavelength is L, input tone conversion area 110 is a one-dimensional LUT (input N1; output 1 byte [approximately]), multi-dimensional LUT 120 is an N-dimensional LUT (number of grids: NT, output: 2 bytes [approximately]), multiplication/addition area 130 multiplies an M number of spectral data (output: 2 bytes) and data from multi-dimensional LUT120 and adds the result, and antilog conversion area 140 is a one-dimensional LUT for tone conversion (input N2; output 2 bytes [approximately]). Each LUT is to combine interpolation processes, which allows a reduction of data size.

[0040]

150 is the means to generate data in accordance with the spectral distribution of the light source. 160 is the multiplication area that multiplies the spectral color characteristics data (from spectral data reproduction step 100) with the spectral distribution of the light source. 170 is the convolution operation area that performs a convolution operation on the spectral color characteristics data (multiplied with the spectral distribution of the light source) with a color matching function and outputs a tristimulus value.

[0041]

In this figure 1, the spectral data reproduction step 100 has four different conversion methods. However, as described below, not all methods must be used.

[0042]

<Image Device Color Characteristics Data Retention Method>

This section describes the invention of the color data retention method with spectral data.

[0043]

- (1) Using a CRT display device: An image for CRT or CRT display device can establish additive color mixing within the antilog range. It is composed of the following values: Number of primary colors $N=3$; number of basic spectral distribution data $M=3$.

[0044]

LUT of the input tone conversion area 110 converts the input signal (target system value of the image device) into an antilog. Multiple LUT 120 is not used. White point fine adjustment can be realized by adjusting the amplitude of the basic spectral distribution ahead of time. Gamma conversion has been performed on the image data for a CRT: The aforementioned input tone conversion area 110 converts the value back to an antilog. Multi-dimensional LUT 120 and antilog conversion area 140 are not necessary.

[0045]

Number of spectral distribution contributing data D is as follows: If the tone data $N1=33$,

$$D=N1+L*M*2$$

$$=33+35*3*2$$

$$=33+210=243 \text{ (bytes)}$$

Thus, the spectral distribution can be accurately speculated.

[0046]

- (2) Using a density modulation printer: Color mixture has a linear density range. Input tone conversion area 110 or multi-dimensional LUT120 converts the input signal once to logarithm.

(3) [0047]

- (4) This converted input signal becomes the weighting factor. Multiplication/addition area 130 performs a logarithmic area addition of the basic spectral distribution. One-dimensional LUT at the antilog tone conversion area 140 converts it back to antilog.

[0048]

In this case, an appropriate number for the basic spectral distribution M is 4. This is a spectral distribution that is determined by a spectral distribution of the white background and the type of pigments (Y, M, C, etc.). In this case, the first conversion step (input tone conversion area 110) can be omitted.

[0049]

Here, the data length D of the spectral distribution contributing data is as follows: If the tone data $N1=17$, $N2=33$,

$$D=N1^3*M*2+L*M*2+N2*2$$

$$=17*17*17*4*2+35*4*2+33*2$$

≈40K bytes

Thus, the spectral distribution can be accurately speculated.

[0050]

(4) Using an area coverage modulation printer: For secondary colors (combination of two primary colors, such as Y+M, M+C, C+Y, etc.), it is desirable to have a 2^N number of spectral data for N-color printing. Which means that If the number of colors that are used is N, the number of basic spectral distribution data is between N and 2 raised to the power of N. With this invention, a color mixture of 2^N becomes the primary color. It is therefore easy to transmit the data without any deterioration of the spectral distribution characteristics accuracy. For a low-accurate conversion, there can be 3 or 4 spectral data.

[0051]

In this case, the second conversion step, multi-dimensional LUT 120 and the third conversion step, spectral data multiplication/addition area can process the data. Input tone conversion area 110 and antilog tone conversion area 140 can be omitted.

[0052]

Here, the number of spectral distribution contributing data D is as follows: If the tone data NT=17,

$$D = NT^3 * M * 2 + L * M * 2$$

$$= 17 * 17 * 17 * 4 * 2 + 35 * 4 * 2$$

≈40K bytes

Thus, the spectral distribution can be accurately speculated.

[0053]

In the above examples (1) through (3), the input tone conversion area 110 and multi-dimensional LUT 120 can be replaced by neural network. Input tone conversion area 110 and multi-dimensional LUT 120 can handle matrix operation and modulation functions. Multi-dimensional LUT 120 and spectral data multiplication/addition area 130 can use Neugebauer equations.

[0054]

Multiplication area 160 multiplies the estimated spectral distribution (spectral color characteristics data) and the spectral distribution data retained in 150, the light source spectral distribution data generation step.

[0055]

Convolution operation area 170 integrates the spectral color characteristics data (multiplied with the spectral distribution data of the light source) using color matching function's convolution operation. It then outputs the result as a tristimulus value. See CIE Publication 5.2 for more on the color matching

function. This function calculates the tristimulus value, which makes it a device-independent value.

[0056]

This tristimulus value can be converted to a uniform color space, such as $L^*a^*b^*$ and $L^*u^*v^*$, color space of a color appearance model such as Hunt, Nayatani, as well as a color space of the color appearance model defined in CIE (CIECAM97s). Thus, the value becomes a device- and environment-independent value.

[0057]

Figure 2 describes a transformation example of the spectral data reproduction step 100. The number of primary colors of the image device (not shown) is N , and the number of spectral data wavelength is L . Spectral data reproduction step 100 in this figure 2 consists of 110, the input tone conversion area, which is the one-dimensional LUT for tone conversion (input $N1$; output 1 byte [approximately]), and the multi-dimensional LUT 120 of N -dimensional L -output LUT, which contains multiple spectral data.

[0058]

In this case, the number of spectral distribution contributing data D is as follows (if grid point NT is the same as above):

$$\begin{aligned} D &= NT^3 * 35 * 2 \\ &= 17 * 17 * 17 * 35 * 2 \\ &\approx 344K \text{ bytes} \end{aligned}$$

When there is simple spectral data, the number of data D can be reduced by reducing the number of grid points. Thus, the spectral distribution can be accurately predicted with a small amount of data.

[0059]

$$\begin{aligned} \text{If } NT &= 9 \\ D &= NT^3 * 35 * 2 \\ &= 9 * 9 * 9 * 35 * 2 \\ &\approx 51K \text{ bytes} \end{aligned}$$

Such an intermediate point should be obtained accurately through nonlinear interpolation. See "Colorimetric Calibration in Electronic Imaging Devices Using a Look-up Table Model and Interpolations" (Hung, Po-Chie, Journal of Electronic Imaging 2(1), pp. 53-61) for more details on such an interpolation method.

[0060]

<Color Management Method>

This section describes the color management method invention. If the color data, as described above, contains a spectral data, the relation between the input signal and spectral distribution can be obtained.

The combination of input signals can be obtained, for example, in the following procedure:

[0061]

1. Get the spectral distribution, which is a combination of certain signal values of the target device. In other words, calculate the target spectra distribution.
2. Get the signal value of the device on the reproducing device, for which the error evaluation function is the lowest, compared to the spectral distribution of the reproducing device. For the evaluation, for example, use the following equation. Here, $L_{tar}(\lambda)$ is the target spectral distribution, and $L_{dest}(\lambda)$ is the spectral distribution on the reproducing side. $W(\lambda)$ is the weighting factor. Use, for example, the sum of 3 color matching functions.

[0062]

[Equation 1]

$$J_i = \sum_{\lambda=380}^{720} W_i(\lambda) [L_{tar}(\lambda) - L_{dest}(\lambda)]^2$$

[0063]

3. Get multiple results of this equation.
4. Get the data using the least squares method. There are several different ways to execute this. See below for an actual example. In this example, it is presumed as $N=3$. It could be a larger value than that, which is one of the advantages of this invention. Logically, N can be as large as the number of spectral data. It is possible to multiple the weighting factor (λ) , described above.

[0064]

The target spectral photosensitivity L_{tar} is as follows:

[0065]

[Equation 2]

$$L_{TAR} = \begin{bmatrix} L_{tar}(380) \\ L_{tar}(390) \\ \vdots \\ L_{tar}(710) \\ L_{tar}(720) \end{bmatrix}$$

[0066]

Also, L_{dest} , the spectral distribution by the signal value of the reproducing device, which indicates the neighborhood of L_{tar} , the target spectral distribution, is obtained as follows:

[0067]

[Equation 3]

$$\begin{bmatrix} L_{dev}(380, n1 + l1, n2, n3) & L_{dev}(380, n1, n2 + l2, n3) & L_{dev}(380, n1, n2, n3 + l3) \\ L_{dev}(390, n1 + l1, n2, n3) & L_{dev}(390, n1, n2 + l2, n3) & L_{dev}(390, n1, n2, n3 + l3) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ L_{dev}(710, n1 + l1, n2, n3) & L_{dev}(710, n1, n2 + l2, n3) & L_{dev}(710, n1, n2, n3 + l3) \\ L_{dev}(720, n1 + l1, n2, n3) & L_{dev}(720, n1, n2 + l2, n3) & L_{dev}(720, n1, n2, n3 + l3) \end{bmatrix}$$

[0068]

By calculating the following A,

[0069]

[Equation 4]

$$A = (L_{DEST}^T \cdot L_{DEST})^{-1} \cdot L_{DEST}^T \cdot L_{TAR}$$

[0070]

the weighting factor for the reproducing device value, which is close to the target spectral distribution.

Which means, by

[0071]

[Equation 5]

$$\begin{bmatrix} n1_n \\ n2_n \\ n3_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n1 & n1 + l1 & n1 & n1 \\ n2 & n2 & n2 + l2 & n2 \\ n3 & n3 & n3 & n2 + l3 \end{bmatrix} \cdot A$$

[0072]

the above equation, the optimal combination of the reproducing device signals can be obtained.

5. Find the closest point using the above weighting factor.

6. Change the input signal value in the above step 1 and repeat the same process. The input signal value in step 1 is a combination of signal values between 5^3 and 33^3 .

[0073]

Execute the above steps 1 through 5 to convert the target device's signal value to the signal value of the reproducing device. Flow chart in figure 3 describes this process roughly. First, calculate the target spectral distribution from the target device signal value (Figure 3 S1), get the approximate spectral distribution by comparing it to the spectral distribution on the reproducing device side (Figure 3S2), and get the signal value of the reproducing device from this approximate spectral distribution (Figure 3S3).

[0074]

<Color Management Method Transformation>

This section provides an example of color management method transformation.

1. In order to compress the color range, compress it based on the existing color management concept ahead of time and use the spectral distribution that corresponds to the device signal value of the time. This way, color management that maintains the hue becomes possible. Without this process, there is no way to predict to which hue the colors are compressed.

[0075]

2. When the white point of observation is different,

Reflection object: Virtually change the color temperature of the light source and match the white points before calculation.

[0076]

Reflection object and self-luminous object, such as CRT: Virtually change the color temperature of the light source on the reflection device side and match the white points before calculation.

3. When there is no basic spectral distribution data, use the pre-registered spectral distribution data to reduce the data size.

[0077]

Register the subject type (media) ahead of time; for example, A is photographic paper, and B is ink, etc. Determine the typical spectral distribution for each media as a symbol. This way, without transmitting the complete data, the receiver can interpret the data just by inspecting the symbol.

[0078]

4. Spectral data in this example is not only the spectral data itself but also includes equivalent data, which, for example, has been linearized.

<Effects>

When this invention is implemented, the following effects can be expected:

[0079]

Data size can be drastically reduced by including the basic spectral distribution data and spectral distribution contributing data in the color characteristics data, which indicates the color characteristics of an image device. For example, when $N=17$, number of spectral data wavelength= $L=35$, spectral distribution data M is 3, a case with only a simple spectral data will be as large as $17^3 \times 2 \times 35 = 343910$ bytes. However, with this invention, the data can be only $17^3 \times 3 \times 2 + 35 \times 3 \times 2 + 33 \times 2 = 29754$ bytes. This data size is about the same as that for when a tristimulus value is used to retain the color characteristics. However, this method enables a highly accurate operation of spectral color characteristics.

[0080]

In some points, spectral distribution of certain colors (primary colors, etc.) can be perfectly reproduced and can maintain high accuracy, as opposed to when neural network is used.

[0081]

Since this method gets the signal value of the reproducing device by using the spectral distribution, there is less chance of metamerism.

For the same reason, the optimal value can be determined even for HiFi printing, which uses 4 or more colors.

[0082]

[Effects of the Invention]

By implementing this invention, which is described in detail above, the following effects can be expected:

- (1) Invention, as described in Claim 1, is a color data retention method whose characteristic is as follows: It includes the basic spectral distribution data and spectral distribution contributing data, which associates the input signal with the spectral distribution, in the color characteristics data, which indicates the color characteristics of an image device. With this invention, the color characteristics data will not lose its spectral characteristics by including the basic spectral data and spectral distribution contributing data in the color characteristics data. Additionally, it requires less data, as compared to when spectral data is simply applied to a combination of device signal values. Since it still maintains its spectral characteristics, the image can be reproduced at the reproduction site highly accurately, even if the light source has been modified.

[0083]

- (2) Invention, as described in Claim 2, modifies the tone of the aforementioned spectral distribution contributing data by linearizing the color mixture characteristic of the image device. This invention decreases the multi-dimensional matrix size and the number of basic spectral distribution data by

linearizing the color mixture characteristics while maintaining its accuracy. As a result, it reduces the data size and processing amount.

[0084]

- (3) Invention, as described in Claim 3, has the following characteristic: With this invention, the color mixture of 2^N is the primary color. Such data can be transmitted while still maintaining its spectral distribution characteristic accuracy.
- (4) Invention, as described in Claim 4, has the following characteristic: When the image device is the input device, the aforementioned basic spectral distribution data can be modified, based on the type of the subject. With this invention, optimal data for the subject can be transmitted.

[0085]

- (5) Invention, as described in Claim 5, has the following characteristic: When the image device is the input device, the aforementioned basic spectral distribution data is to be selected from the data associated with multiple media. With this invention, the receiver can interpret the data receiving symbols and not the complete data, by determining a symbol for a typical spectral distribution ahead of time based on the subject type. As a result, the data size can be drastically reduced.

[0086]

- (6) Invention, as described in Claim 6, has the following characteristic: If the aforementioned basic spectral distribution data does not exist, pre-determined spectral data is used as the basic spectral distribution data. With this invention, the data size can be drastically reduced by omitting the basic spectral distribution data from the spectral distribution that is generally used, and by using the pre-determined data.

[0087]

- (7) Invention, as described in Claim 7, has the following characteristic: Aforementioned color characteristics data is incorporated as a part of the image data. This invention incorporates spectral characteristics to an image data. Therefore, it can achieve visual color reproduction at the reproduction site, even when the light source has been modified.

[0088]

- (8) Invention, as described in Claim 8, has the following characteristic: This invention converts the signal value of the image device to a tristimulus value or a color value that derives from this tristimulus value, which makes it consistent with the color management system based on colorimetry.

[0089]

- (9) Invention, as described in Claim 9, has the following characteristic: This invention reproduces the

colors using the data that indicates the spectral color characteristics of the image device. Therefore, if the target medium and the medium on which the color is reproduced share the light source, the metamerism problem is reduced. If the previous tristimulus value is used with Hifi printing (that uses more than 3 colors), the existing method would have produced multiple solutions. This invention finds the optimal solution for accuracy.

[0090]

(10) Invention, as described in Claim 10, enables more optimized color reproduction by multiplying the spectral distribution of the light source with the applicable spectral color characteristics data and using the result as the spectral color characteristics data.

[0091].

(11) Invention, as described in Claim 11, calculates the approximate value of the aforementioned spectral color characteristics data ahead of time by multiplying the wavelength of the spectral color characteristics data with the weighting factor. This invention uses the weighting factor to calculate the spectral color characteristics data while considering the human vision.

[0092]

(12) Invention, as described in Claim 12, converts the data to a system value of the associated image device ahead of time so that it stays within the color range of the image device on which it is reproduced. This enables the color management method in which the hue is not greatly affected.

[Simple Description of Figures]

[Figure 1]

This block diagram describes the electrical structure of the device used for the color data retention method and color management method by function blocks.

[Figure 2]

This block diagram describes the main area of the electrical structure of the transformation example of the device used for the color data retention method and color management method.

[Figure 3]

This flow chart describes the operational steps of the color data retention method and color management method.

[Figure 4]

This flow chart describes the operational steps of the existing method.

[Codes]

100 Spectral Data Reproduction Step

120 Input Tone Conversion Area

120 Multi-dimensional LUT

130 Multiplication/Addition Area

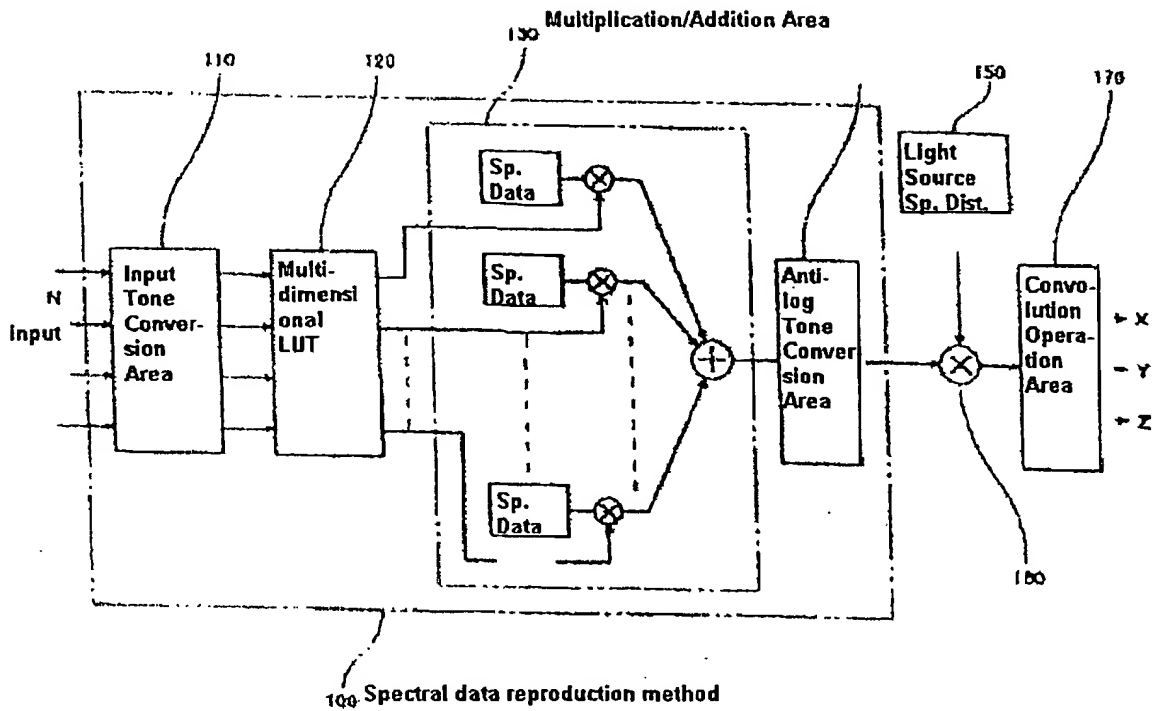
140 Antilog

150 Light Source Spectral Distribution Generation Area

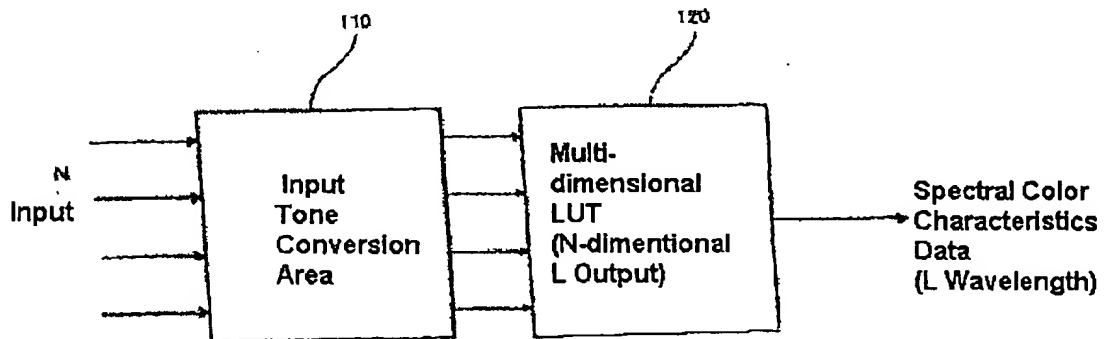
160 Multiplication Area

170 Convolution Operation Area

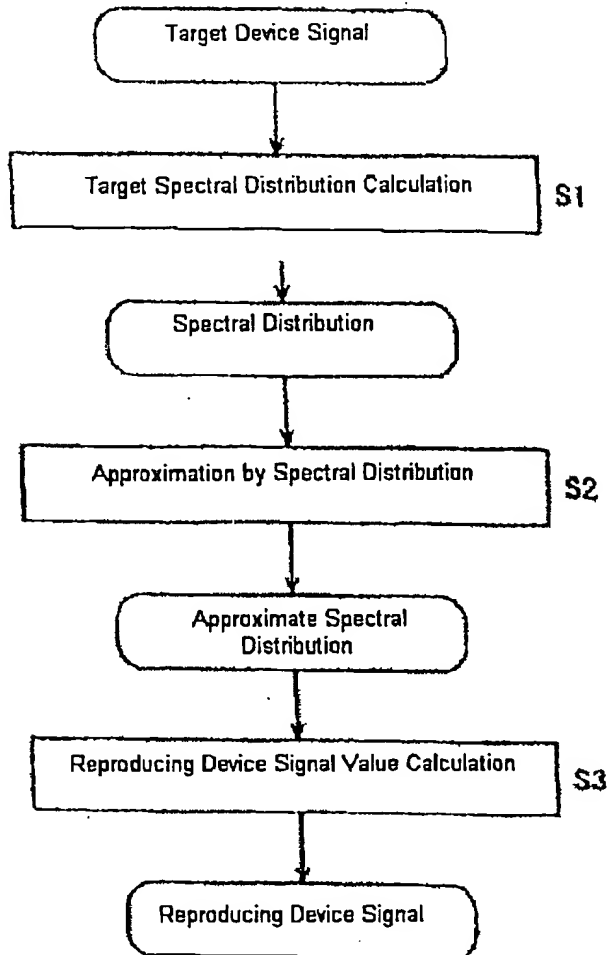
[Figure 1]



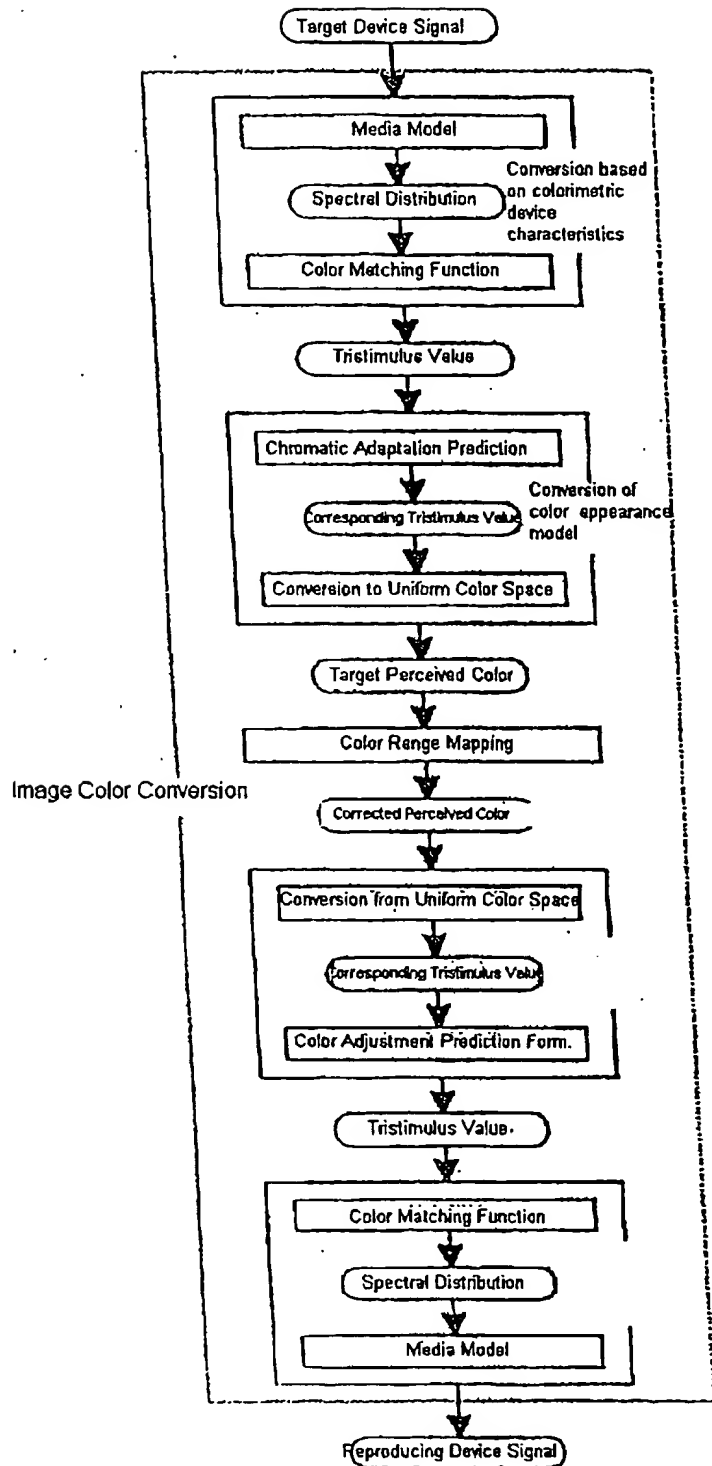
[Figure 2]



[Figure 3]



[Figure 4]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-275376

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.*

識別記号

F I

H 0 4 N 1/60

H 0 4 N 1/40

D

G 0 6 T 1/00

G 0 6 F 15/66

3 1 0

H 0 4 N 1/46

H 0 4 N 1/46

Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平10-75921

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月24日

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿 1 丁目26番 2 号

(72) 発明者 洪 博哲

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内

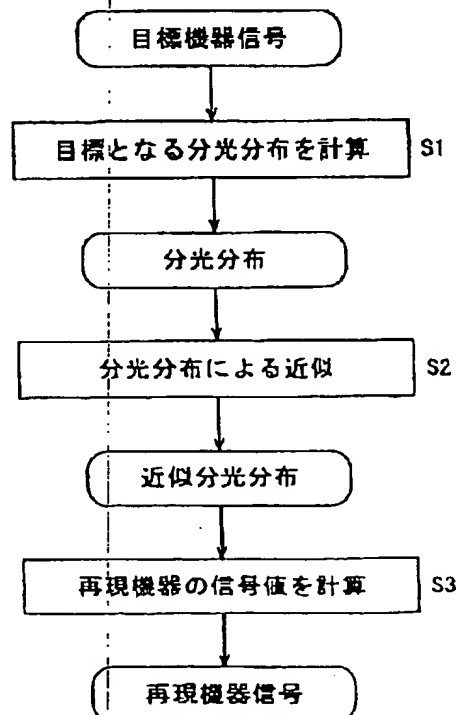
(74) 代理人 弁理士 井島 藤治 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 色彩データ保持方法およびカラーマネジメント方法

(57) 【要約】

【課題】 画像機器信号値に対する分光分布の関係を高精度かつ最小限のデータで推測できる汎用の色彩データ保持方法およびカラーマネジメント方法を実現する。

【解決手段】 目標機器の信号値から再現機器の信号値を算出する際の色彩特性を示すデータに、基礎となる分光分布を意味する基礎分光分布データと、入力信号とその分光分布の寄与を関係付ける分光分布寄与データとを含めることで、分光的な特徴を失わず、かつ、単純に機器信号値の組合わせに分光データを持たせた場合に比較すると少ないデータで済ませることができ、再現先において光源が変更されても高精度に画像を再現することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像機器の色彩特性を示す色彩特性データに、

基礎となる分光分布を意味する基礎分光分布データと、人力信号とその分光分布の寄与を関係付ける分光分布寄与データと、を含める、ことを特徴とする色彩データ保持方法。

【請求項2】 前記分光分布寄与データに、画像機器の混色特性を線形化する階調変更を施す、

ことを特徴とする請求項1記載の色彩データ保持方法。 10

【請求項3】 前記基礎分光分布データのデータ数は、使用する色数をNとしたとき、N個～2のN乗個のいずれかである、ことを特徴とする請求項1記載の色彩データ保持方法。

【請求項4】 画像機器が入力装置であるとき、前記基礎分光分布データは、被写体の種類により変更可能にする、ことを特徴とする請求項1記載の色彩データ保持方法。

【請求項5】 画像機器が入力装置であるとき、前記基礎分光分布データは、複数のメディアに関するデータの 20 いくつかから選択する、ことを特徴とする請求項1記載の色彩データ保持方法。

【請求項6】 前記基礎分光分布データが存在しない場合には、あらかじめ決定されている分光データを基礎分光分布データとして用いる、ことを特徴とする請求項1記載の色彩データ保持方法。

【請求項7】 前記色彩特性データを、画像データの一部に組み込むことを特徴とする請求項1記載の色彩データ保持方法。

【請求項8】 前記色彩特性データを用いて、画像機器 30 の信号値から特定の条件下での三刺激値、またはこの三刺激値から派生する色彩値に変換する、ことを特徴とする請求項1記載の色彩データ保持方法。

【請求項9】 画像機器の分光色彩特性を示す分光色彩特性データを用いて、目標とする画像機器のシステム値から再現する画像機器のシステム値に変換するステップを含む、

ことを特徴とするカラーマネジメント方法。

【請求項10】 前記分光色彩特性データとして、該分光色彩特性データに光源の分光分布を掛け合わせたもの 40 を利用する、

ことを特徴とする請求項9記載のカラーマネジメント方法。

【請求項11】 前記分光色彩特性データの近似度として、あらかじめ分光色彩特性データの波長に重み係数を掛けて算出する、

ことを特徴とする請求項9または請求項10のいずれかに記載のカラーマネジメント方法。

【請求項12】 再現する画像機器の色域内に収まるよ 50 うに、あらかじめ対応付けた画像機器のシステム値に変

更する、

ことを特徴とする請求項9記載のカラーマネジメント方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、色彩データ保持方法およびカラーマネジメント方法に関し、特に、メタメリズムに配慮され、画像機器において最小限のデータで高精度に色彩を扱える方式に関する。

【0002】

【従来の技術】(1)画像データの特性保持手段としては、画像機器の入力データと特定の光源下での三刺激値、ないしは、それらから派生する色空間座標の関係を持つデータを持つようにしていた。

【0003】これまでのところ、

- ・印刷の網点パターンと $L^*a^*b^*$ の関係を決定するテーブルとして、ANSIカラーターゲットIT-8/7.3、

- ・画像機器の信号値と三刺激値との関係を用いて、カラーマネジメントを行なうものとして、「カラーマネジメントシステムの開発」(洪博哲, KONICA TECHNICAL REPORT Vol.8(1995))、

- ・ICCプロファイルとして、「ICC, ICC Profile format v3.3 <http://www.color.org/> (1996)」、などがある。いずれも、画像機器のシステム値と特定の光源下の三刺激値の関係をテーブルとして持つことが基本になっている。

【0004】(2)画像機器の分光データ予測としては、

- ・ニューラルネットワークを用いる方式として、「ニューラルネットを用いたカラーアピアランス一致のための色変換方法」(荒井佳文・中内茂樹・臼井支郎, 日本印刷学会第98回春期研究発表会講演予稿集, pp161-164 (1997))、

- ・スキャナの出力値を用いて主成分分析を用いる方式として、「Colorimetric characterization of a desktop drum scanner using spectral model」Roy S. Berns, M. J. Shyu, Journal of Electronic Imaging 4(4), 360-372(1995)、などがある。

【0005】(3)カラーマネジメント技術としては、米国特許第4500919号があり、分光分布から三刺激値を求め、それにより算出された3つの値(典型的には三刺激値)を用いて、色再現を行なうものがあった。

【0006】これを図4に示す。ここでは、測色的な機器特性に基づく順変換により三刺激値を求め、色の見えモデルの順変換により目標となる知覚色を求め、色域マッピングにより修正された知覚色について、色の見えモデルの逆変換により三刺激値を求め、さらに、測色的な機器特性に基づく逆変換により再現機器信号を求めるようにしている。

【0007】

【解決しようとする課題】以上説明した従来技術は、それぞれ以下に述べるような問題を有している。

①分光データではなく、三刺激値との関係を指定するため、光源が変化した場合には対応が取れない問題があった。これは、分光データは3次元程度のデータであるのに対し、三刺激値はわずか3次元のため、既に分光的な特徴が失われているためである。

【0008】また、簡単な拡張として、画像機器信号値に対する出力に対し、それぞれ分光データを持たせることも可能であり、測色計のデータをそのまま保持しているものもある。

【0009】この場合、画像機器信号値の組合わせをN、次元数をMとすると、 $N^3 \times M$ となり、三刺激値では $17^3 \times 3 = 14739$ （ワード）となる。一方、3次元の分光データの場合には、 $17^3 \times 35 = 171955$ （ワード）となり、一桁以上大きなデータが必要であった。

【0010】なお、一般的に1ワードは4バイトまたは2バイト必要である。2バイトとした場合、三刺激値では29478バイト、分光データでは343910バイトのデータになる。

【0011】このように、分光データによって分光的な特徴を残すためには、非常に大きなデータが必要になるという問題を有している。

②機器の分光データ予測として、ニューラルネットワークを用いる方式については、あらかじめ学習操作が必要になるという問題を有する。また、以上の(1)と同様に、少ない次元のデータから推測する場合には精度が良くない問題を有している。

【0012】また、特定の機器の色特性を求めるにあたり、上記Bernsらの論文には、主成分分析を用いて、いったん分光分布を求める方法が開示されており、これによれば、3種類程度の分光分布から高精度に求めることが可能である。しかし、この論文ではスライドに限定されており、他のメディアに応用することはできなかった。

【0013】また、従来のカラーマネージメントシステムでは、分光分布を求め、光源の分光分布と掛け合わせた後に、いったん三刺激値に変換して求めていた。この場合、三刺激値に変換することにより、メタメリズム（条件等色）の問題が発生する。このため、4色以上の原色を用いるプリンタについては唯一解がなくなり、4色の場合は他の条件（インク量総量条件、黒をできる限り利用して再現するか、黒をできる限り利用しないで再現するか、黒発生が滑らかに行われるか、など）を与えていた。

【0014】さらに、いわゆるHiFi印刷（6～8原色）の色を用いて色再現を行なうものがあるが、三刺激値（または、三刺激値から派生する色彩値）を基準に色

再現を行なうと、同じ色彩値を表現する原色が無数の組合わせになるため、それらを合理的に選択する手段が存在していなかった。

【0015】以上説明したように、従来の手法では、画像機器信号値に対する分光分布の関係を高精度かつ最小限のデータで推測することができなかった。また、メディアが限定されるため、汎用の手法が存在していなかった。さらに、分光データを用いて3を超える原色を用いるシステムに、測色的だけでなく、分光的に決定するための方式が存在しておらず、メタメリズムを解消することができなかった。

【0016】本発明の目的は、画像機器信号値に対する分光分布の関係を高精度かつ最小限のデータで推測できる汎用の色彩データ保持方法およびカラーマネージメント方法を実現することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決する本発明は以下に説明するようなものである。

(1) 請求項1記載の発明は、画像機器の色彩特性を示す色彩特性データに、基礎となる分光分布を意味する基礎分光分布データと、入力信号とその分光分布の寄与を関係付ける分光分布寄与データとを含める、ことを特徴とする色彩データ保持方法である。

【0018】この発明では、色彩特性データに基礎分光分布データと分光分布寄与データとを含めることで、分光的な特徴を失わず、かつ、単純に機器信号値の組合わせに分光データを持たせた場合に比較すると少ないデータで済ませることができる。そして、分光的な特徴を有しているために、再現先において光源が変更されても高精度に画像を再現することができる。

【0019】(2) 請求項2記載の発明は、請求項1記載の色彩データ保持方法において、前記分光分布寄与データに、画像機器の混色特性を線形化する階調変更を施す、ことを特徴とする。

【0020】この発明では、混色特性を線形化することにより、精度を保ちながら、多次元マトリクスのサイズを減らしたり、基礎分光分布データの数を減らすことができ、結果としてデータ容量や処理量の削減になる。

【0021】(3) 請求項3記載の発明は、請求項1記載の色彩データ保持方法において、前記基礎分光分布データのデータ数は、使用する色数をNとしたとき、N個～2のN乗個のいずれかであることを特徴とする。

【0022】この発明では、 2^N の混色が原色となるため、これらについて分光分布特性の精度の劣化なく伝達することが可能になる。

(4) 請求項4記載の発明は、請求項1記載の色彩データ保持方法において、画像機器が入力装置であるとき、前記基礎分光分布データは、被写体の種類により変更可能にすることを特徴とする。

【0023】この発明では、被写体の種類に応じて最適

なデータの伝達が可能になる。

(5) 請求項5記載の発明は、請求項1記載の色彩データ保持方法において、画像機器が入力装置であるとき、前記基礎分光分布データは、複数のメディアに関するデータのいずれかから選択することを特徴とする。

【0024】この発明では、被写体の種類に合わせ、分光分布に代表的なものの記号として決定しておくことにより、全データを送付せずに、記号を送信することで、受信側での解釈ができ、伝達するデータ量を削減することができる。

【0025】(6) 請求項6記載の発明は、請求項1記載の色彩データ保持方法において、前記基礎分光分布データが存在しない場合には、あらかじめ決定されている分光データを基礎分光分布データとして用いることを特徴とする。

【0026】この発明では、一般的に用いられる分光分布では、基礎分光分布データを省略し、あらかじめ決定されているデータを用いることで、データ量を大幅に削減することができる。

【0027】(7) 請求項7記載の発明は、請求項1記載の色彩データ保持方法において、前記色彩特性データを、画像データの一部に組み込むことを特徴とする。この発明では、画像データに分光的な特徴を組み込むようにしているため、光源が変化した場合でも、再現側では見た目の色再現が可能である。

【0028】(8) 請求項8記載の発明は、請求項1記載の色彩データ保持方法において、前記色彩特性データを用いて、画像機器の信号値から特定の条件下での三刺激値、またはこの三刺激値から派生する色彩値に変換することを特徴とする。

【0029】この発明では、画像機器の信号値から三刺激値またはこの三刺激値から派生する色彩値に変換することで、測色学を基本にしたカラーマネジメントシステムとの整合がとれるようになる。

【0030】(9) 請求項9記載の発明は、画像機器の分光色彩特性を示す分光色彩特性データを用いて、目標とする画像機器のシステム値から再現する画像機器のシステム値に変換するステップを含む、ことを特徴とするカラーマネジメント方法である。

【0031】この発明では、画像機器の分光色彩特性を示すデータを用いて色再現を行なうため、目標とするメディアと再現するメディアが同一光源下にある場合、メタメリズムの問題が低減される。また、3色を超える原色を用いるプリント（ハイファイプリント）の場合、従来の三刺激値を用いた方式では解が複数発生したが、本発明では精度の面から最適解を求めることができる。

【0032】(10) 請求項10記載の発明は、請求項9記載のカラーマネジメント方法において、前記分光色彩特性データとして、該分光色彩特性データに光源の分光分布を掛け合わせたものを利用する、ことを特徴と

する。

【0033】この発明では、光源の分光分布を掛け合わせるにより、より最適化された色再現が可能である。

(11) 請求項11記載の発明は、請求項9または請求項10のいずれかに記載のカラーマネジメント方法において、前記分光色彩特性データの近似度として、あらかじめ分光色彩特性データの波長に重み係数を掛けて算出する、ことを特徴とする。

10 【0034】この発明では、重み係数を用いることで、人間の視覚を考慮しつつ分光色彩特性データを計算することができる。

(12) 請求項12記載の発明は、請求項9記載のカラーマネジメント方法において、再現する画像機器の色域内に収まるように、あらかじめ対応付けた画像機器のシステム値に変更する、ことを特徴とする。

【0035】この発明では、あらかじめ、再現する画像機器の色域内に収まるように制御することで、色相が大きくずれることのないカラーマネジメントが可能になる。

【0036】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態例の色彩データ保持方法およびカラーマネジメント方法について、図面を参照しつつ説明を行なう。

【0037】まず、図1を参照して、本発明の実施の形態例の色彩データ保持方法ならびにカラーマネジメント方法全体について説明を行なう。図1は本発明の実施の形態例に用いる処理装置の一例であり、分光データを復元するブロックダイアグラムを表している。

30 【0038】ここで、100は分光色彩特性データを復元する分光データ復元手段であり、目標機器からの入力信号の階調変換を行なう第1変換手段である入力階調変換部110と、第2変換手段である多次元LUT120と、重み付け加算を行なう第3変換手段である分光データ乗算・加算部130と、真数への階調変換を行なう第4変換手段である真数階調変換部140と、から構成されている。

【0039】ここで、図外の画像機器の原色の数をN、基礎となる分光分布を意味するデータ（基礎分光分布データ）の数をM、分光データの波長数をL、とすると、入力階調変換部110は階調変換のための1次元LUT（入力N1、出力1バイト程度）であり、多次元LUT120はN次元LUT（格子数NT、出力2バイト程度）であり、乗算・加算部130はM個の分光データ（出力は2バイト）と多次元LUT120からのデータとを乗算した後加算するものであり、真数階調変換部140は階調変換のための1次元のLUT（入力N2、出力2バイト程度）である。なお、それぞれのLUTは補間処理を組合わせるものとし、データ量の削減が可能である。

50

【0040】また、150は光源の分光分布に応じたデータを発生する光源分光分布データ発生手段であり、160は分光データ復元手段100からの分光色彩特性データに、光源の分光分布を掛け合わせる乗算部であり、170は光源の分光分布と掛け合わされた分光色彩特性データについて等色関数とのコンボリューション演算を行なって三刺激値を出力するコンボリューション演算部である。

【0041】なお、この図1では分光データ復元手段100内に4つの変換手段を備えているが、以下に説明するように、全てを使用するものではなく、必要なものだけを使用すればよい。

【0042】＜画像機器の色彩特性データ保持方法＞ここで、以上の図1を参照して、分光データを持つ色彩データ保持方法の発明について説明する。

【0043】(1) CRT表示装置を用いる場合：CRT表示装置あるいはCRT用画像の場合は、真数領域での加法混色がよく成立するため、原色数 $N=3$ 、基礎分光分布データ数 $M=3$ で構成される。

【0044】この場合、入力階調変換部110のLUTにより、入力信号（目標とする画像機器のシステム値）は真数に変換される。そして、多次元LUT120は不要であり、白色点の微調整には、基礎となる分光分布の振幅をあらかじめ調整しておくことで実現できる。なお、CRT用の画像データはガンマ変換されているため、これを真数に戻す作業に前述の入力階調変換部110を使用する。したがって、多次元LUT120と真数階調変換部140は不要である。

【0045】この場合の、分光分布寄与データのデータ数 D は、階調データとして $N1=33$ としたとき、 $D=N1+L*M*2$
 $=33+35*3*2$
 $=33+210=243$ （バイト）、

で分光分布を正確に予測できるようになる。

【0046】(2) 濃度変調プリンタの場合：混色は濃度領域が線形のため、入力階調変換部110または多次元LUT120で入力信号を一旦対数変換する。

【0047】この対数変換された入力信号を重み係数として、乗算・加算部130で、基礎となる分光分布（基礎分光分布データ）を対数領域加算し、真数階調変換部140の1次元LUTで真数に戻す。

【0048】この場合に、基礎となる分光分布 M は4つが適当であり、白地の分光分布および、色素の種類（たとえば、Y、M、C）により決定される分光分布である。なお、この場合に、第1変換手段である入力階調変換部110を省略することができる。

【0049】この場合の分光分布寄与データのデータ数 D は、階調データとして $N1=17$ 、 $N2=33$ 、としたとき、 $D=N1^3*M*2+L*M*2+N2*2$

$$=17*17*17*4*2+35*4*2+33*2 \\ \approx 40\text{Kバイト、}$$

で分光分布を正確に予測できる。

【0050】(3) 面積変調プリンタの場合：2次色（Y+M、M+C、C+Yなど、2種類の原色が重なるもの）では、 N 色プリントの際には、 2^N 個の分光データを持つことが望まれる。すなわち、使用する色数を N としたとき、基礎分光分布データのデータ数は、 N 個～ 2 の N 乗個のいずれかであるものとする。この発明では、 2^N の混色が原色となるため、これらについて分光分布特性の精度の劣化なく伝達することが可能になる。ただし、低精度の場合には、3～4の分光データであっても構わない。

【0051】この場合に、第2変換手段である多次元LUT120と、重み付け加算を行なう第3変換手段である分光データ乗算・加算部130とで処理が可能であり、第1変換手段である入力階調変換部110と、第4変換手段である真数階調変換部140と、を省略することができる。

【0052】この場合の分光分布寄与データのデータ数 D は、階調データとして $NT=17$ とした場合、

$$D=NT^3*M*2+L*M*2 \\ =17*17*17*4*2+35*4*2 \\ \approx 40\text{Kバイト、}$$

で分光分布を正確に予測できる。

【0053】なお、以上の(1)～(3)の例において、第1変換手段である入力階調変換部110と、第2変換手段である多次元LUT120とは、ニューラルネットに置き換えることも可能である。また、入力階調変換部110と多次元LUT120ではマトリクス演算および階調変換の関数を用いることができ、多次元LUT120と分光データ乗算・加算部130ではノイゲバウア方程式を用いることもできる。

【0054】そして、乗算部160において、以上のようにして推定された分光分布（分光色彩特性データ）と、光源分光分布データ発生手段150で保持された光源の分光分布データとを掛け合わせる。

【0055】さらに、以上の光源の分光分布データを掛け合わされた分光色彩特性データについて、コンボリューション演算部170において、等色関数のコンボリューション演算により積分された値が三刺激値として出力される。なお、等色関数については、CIE Publication15.2にて定義されている。これにより、三刺激値が計算され、デバイス・インディペンデントな値となる。

【0056】そして、この三刺激値からは、 $L*a*b*$ や $L*u*v*$ などの均等色空間、Hunt、Nayataniなどの色の見えモデルの色空間、CIEで定義した色の見えモデルの色空間(CIECAM97s)などに変換することができる。これにより、デバイス・観察環境・インディペンデントな値となる。

【0057】なお、図2に分光データ復元手段100の変形例を示す。図1の場合と同様に図外の画像機器の原色の数をN、分光データの波長数をしとする。そして、この図2の分光データ復元手段100は、階調変換のための1次元LUT（入力N1、出力1バイト程度）の入力階調変換部110と、分光データを単純に多数持つN次元L出力LUTの多次元LUT120で構成することができる。

【0058】この場合の分光分布寄与データのデータ数Dは、格子点NTが上述の場合と変わらないとすると、
 $D = NT^3 * 35 * 2$

$$= 17 * 17 * 17 * 35 * 2$$

$$\approx 344 \text{ Kバイト、}$$

となる。このため、このように、単純に分光データを持つ場合には、格子点の数を減らすことでデータ数Dを減らすことができ、少ないデータ数で分光分布を正確に予測できる。

【0059】たとえば、NT=9とする

$$D = NT^3 * 35 * 2$$

$$= 9 * 9 * 9 * 35 * 2$$

$$\approx 51 \text{ Kバイト、}$$

として中間的な値は非線形な補間により高精度に求めることが望ましい。このような場合の補間方法は、「Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up-table model and interpolations」Po-Chie Hung, Journal of Electronic Imaging 2(1), 53-61(1993)に記載されている。

【0060】＜カラーマネージメント方法＞ここで、カラーマネージメント方法の発明について説明する。以上の色彩データ保持方法の発明に示したように分光データを有している場合、入力信号に対する分光分布の関係を求めることができる。ここで分光分布が与えられたとき対応する入力信号の組合わせは、たとえば、以下のような手順で求めることができる。

【0061】①目標機器の特定信号値の組合わせによる分光分布を求める。すなわち、目標となる分光分布を計

$$L_{DEST} =$$

$$\begin{bmatrix} L_{tar}(380, n1, n2, n3) & L_{tar}(380, n1+11, n2, n3) & L_{tar}(380, n1, n2+12, n3) & L_{tar}(380, n1, n2, n3+13) \\ L_{tar}(390, n1, n2, n3) & L_{tar}(390, n1+11, n2, n3) & L_{tar}(390, n1, n2+12, n3) & L_{tar}(390, n1, n2, n3+13) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ L_{tar}(710, n1, n2, n3) & L_{tar}(710, n1+11, n2, n3) & L_{tar}(710, n1, n2+12, n3) & L_{tar}(710, n1, n2, n3+13) \\ L_{tar}(720, n1, n2, n3) & L_{tar}(720, n1+11, n2, n3) & L_{tar}(720, n1, n2+12, n3) & L_{tar}(720, n1, n2, n3+13) \end{bmatrix}$$

【0068】で示されるとき、以下のA

【0069】

【数4】

$$A = (L_{DEST}^T \cdot L_{DEST})^{-1} \cdot L_{DEST}^T \cdot L_{tar}$$

【0070】を計算することで、目標分光分布に近い再

算する。

②再現機器側の分光分布と比較評価して、もっとも誤差評価関数が低くなる再現機器の信号値を求める。この場合の評価方法としては、たとえば、以下の式を利用する。ここで、 $L_{tar}(\lambda)$ は目標とする分光分布、 $L_{dest}(\lambda)$ は再現する側の分光分布である。また、 $W(\lambda)$ は重み係数であり、たとえば、3つの等色関数の和を利用する。

【0062】

【数1】

$$J_i = \sum_{\lambda=380}^{720} W_i(\lambda) [L_{tar}(\lambda) - L_{dest}(\lambda)]^2$$

【0063】③これらをも複数求める。

④最小二乗法によりデータを求める。なお、求める方法はいくつかあるが、具体的な方法は以下のとおりである。なお、ここではN=3を仮定しているが、それ以上の値であっても構わず、これが本発明の利点の一つである。なお、理論的には分光データの個数までは可能である。これに、上述の重み係数 $W(\lambda)$ を掛けることも可能である。

【0064】ここで、目標とする分光感度 L_{tar} は、

【0065】

【数2】

$$L_{tar} = \begin{bmatrix} L_{tar}(380) \\ L_{tar}(390) \\ \vdots \\ L_{tar}(710) \\ L_{tar}(720) \end{bmatrix}$$

【0066】また、目標とする分光感度 L_{tar} 近傍を示す再現機器の信号値による分光分布 L_{dest} は、

【0067】

【数3】

現機器の値に対する重み係数が求められる。すなわち、

【0071】

【数5】

$$\begin{bmatrix} n1_n \\ n2_n \\ n3_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n1 & n1+l1 & n1 & n1 \\ n2 & n2 & n2+l2 & n2 \\ n3 & n3 & n3 & n2+l3 \end{bmatrix} \cdot A$$

【0072】により、最適な再現機器の信号の組合わせを求めることができる。

④以上の重み係数を用いて、最も近い点を探す。

⑤以上の①の入力信号の値を変えて、繰り返すようにする。なお、ここで、上記①の入力信号の値とは、 $5^3 \sim 10 \cdot 3 \cdot 3^3$ の信号値の組合わせである。

【0073】以上の①～⑤のように、分光データの情報をもって、目標機器の信号値を再現する機器の信号値に変換する。なお、この処理を大まかに示せば、図3のフローチャートで示することができる。すなわち、目標機器の信号値から、目標となる分光分布を計算し(図3S1)、この分光分布について再現機器側の分光分布と比較して近似を行って近似分光分布を求め(図3S2)、この近似分光分布から再現機器の信号値を求めるようにする(図3S3)。

【0074】<カラーマネージメント方法の変形例>なお、ここで、カラーマネージメント方法の変形例について説明する。

①あらかじめ色域を圧縮するには、従来のカラーマネージメントの考え方により圧縮を行っておき、その時の機器信号値に対応する分光分布を利用するようにする。これにより、色相を保ったカラーマネージメントが可能になる。逆に、これを行わない場合には、どのような色相の色に圧縮されるか予想がつかない状態になる。

【0075】②観察の白色点が異なる場合には、
・反射物の場合、仮想的に光源の色温度を変えて白色点を合致させた上で計算を行なう。

【0076】・CRTなどの自己発光体と反射物の場合には、反射物側の光源の色温度を仮想的に変えて、白色点を合致させた上で計算を行なう。

③基礎となる分光分布(基礎分光分布データ)がない場合には、それをあらかじめ登録した分光分布のデータを用いることで、より一層のデータ量の削減が図れる。

【0077】たとえば、Aは印画紙、Bはインクジェット、…などのように、被写体の種類(メディア)をあらかじめ登録しておく。そして、被写体の種類に合わせ、分光分布に代表的なものの記号として決定しておくことにより、全データを送付せずに、記号を送信することで、受信側での解釈ができ、伝達するデータ量を削減することができる。

【0078】④なお、この実施の形態例での分光データは、分光データそのものだけではなく、線形変換などされた等価的なものを含むものとする。

<実施の形態例による効果>以上詳細に説明した、色彩データ保持方法とカラーマネージメント方法との実施の

形態例によれば、以下のような効果が得られる。

【0079】・画像機器の色彩特性を示す色彩特性データに、基礎分光分布データと、分光分布寄与データとを含めるようにしたことで、データ量の大幅な削減を図ることができる。たとえば、 $N=17$ 、分光データの波長数 $L=35$ 、分光分布データMが3色のとき、単純に分光データを持つ場合には $17^3 \cdot 2 \cdot 35 = 343910$ バイトとなるところが、本実施の形態例によれば $17^3 \cdot 3 \cdot 2 + 35 \cdot 3 \cdot 2 + 33 \cdot 2 = 29754$ バイトで済むようになり、従来の三刺激値で色特性を保持するのと大差ないデータ量でありながら、高精度に分光色彩特性の演算が可能になる。

【0080】・少なくともいくつかの色では、ニューラルネットワークの場合と異なり、特定色(原色など)の分光分布が完全に再現されることを保証することができ、高い精度を保つことができる。

【0081】・分光分布を用いて評価を行なうことで再現機器側の信号値を求めるようにしているため、メタメリズムが発生し難くなる。

・分光分布を用いて評価を行なうことで再現機器側の信号値を求めるようにしているため、4色以上を用いるハイファイプリントの場合にも最適値の決定が可能になる。

【0082】

【発明の効果】以上詳細に説明した本発明によれば、以下のような効果が得られる。

(1)請求項1記載の発明では、色彩特性データに基礎分光分布データと分光分布寄与データとを含めることで、分光的な特徴を失わず、かつ、単純に機器信号値の組合わせに分光データを持たせた場合に比較すると少ないデータで済ませることができる。そして、分光的な特徴を有しているために、再現先において光源が変更されても高精度に画像を再現することができる。

【0083】(2)請求項2記載の発明では、混色特性を線形化することにより、精度を保ちながら、多次元マトリクスのサイズを減らしたり、基礎分光分布データの数を減らすことができ、結果としてデータ容量や処理量の削減になる。

【0084】(3)請求項3記載の発明では、 2^N の混色が原色となるため、これらについて分光分布特性の精度の劣化なく伝達することが可能になる。

(4)請求項4記載の発明では、画像機器が入力装置であるとき、前記基礎分光分布データは、被写体の種類により変更可能にするため、被写体の種類に応じて最適なデータの伝達が可能になる。

【0085】(5)請求項5記載の発明では、被写体の種類に合わせ、分光分布に代表的なものの記号として決定しておくことにより、全データを送付せずに、記号を送信することで、受信側での解釈ができ、伝達するデータ量を削減することができる。

【0086】(6) 請求項6記載の発明では、一般的に用いられる分光分布では、基礎分光分布データを省略し、あらかじめ決定されているデータを用いることで、データ量を大幅に削減することができる。

【0087】(7) 請求項7記載の発明では、画像データに分光的な特徴を組み込むようにしているため、光源が変化した場合でも、再現側では見た目の色再現が可能である。

【0088】(8) 請求項8記載の発明では、画像機器の信号値から、三刺激値またはこの三刺激値から派生する色彩値に変換することで、測色学を基本にしたカラーマネージメントシステムとの整合がとれるようになる。

【0089】(9) 請求項9記載の発明では、画像機器の分光色彩特性を示すデータを用いて色再現を行なうため、目標とするメディアと再現するメディアが同一光源下にある場合、メタメリズムの問題が低減される。また、3色を超える原色を用いるプリント（ハイファイブプリント）の場合、従来の三刺激値を用いた方式では解が複数発生したが、本発明では精度の面から最適解を求めることができる。

【0090】(10) 請求項10記載の発明では、前記分光色彩特性データとして、該分光色彩特性データに光源の分光分布を掛け合わせたものを利用する、ことにより、より最適化された色再現が可能である。

【0091】(11) 請求項11記載の発明では、分光色彩特性データの近似度として、あらかじめ分光色彩特性データの波長に重み係数を掛けて算出する、ことによ

り、人間の視覚を考慮しつつ分光色彩特性データを計算することができる。

【0092】(12) 請求項12記載の発明では、再現する画像機器の色域内に収まるように、あらかじめ対応付けた画像機器のシステム値に変更する、ことにより、色相が大きくずれることのないカラーマネージメントが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態例の色彩データ保持方法およびカラーマネージメント方法で使用する装置の電気的構成を機能ブロックごとに示すブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態例の色彩データ保持方法およびカラーマネージメント方法で使用する装置の変形例の電気的構成の主要部を示すブロック図である。

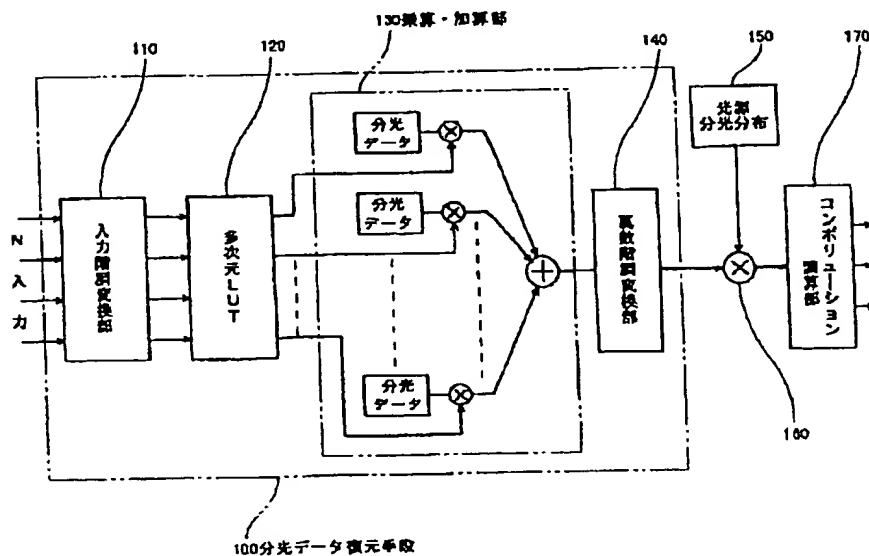
【図3】本発明の実施の形態例で使用する色彩データ保持方法およびカラーマネージメント方法の動作状態を示すフローチャートである。

【図4】従来の処理手順を示すフローチャートである。

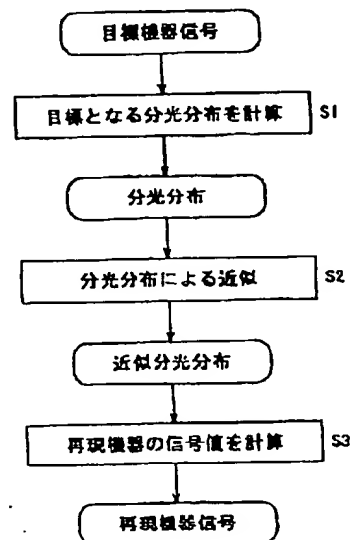
【符号の説明】

- 100 分光データ復元手段
- 110 入力階調変換部
- 120 多次元LUT
- 130 乗算・加算部
- 140 真数階調変換部
- 150 光源分光分布発生部
- 160 乗算部
- 170 コンボリューション演算部

【図1】

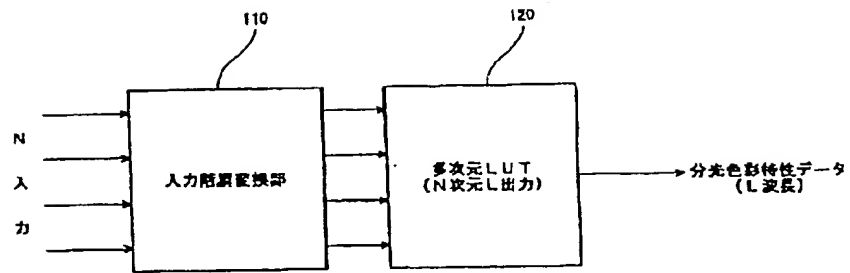


【図3】



【図2】

100分光データ復元手段



【図4】

